

(11)Publication number : 11-307040

(43)Date of publication of application : 05.11.1999

(51)Int.Cl.

H01J 49/06

H01J 37/04

(21)Application number : 10-129601

(71)Applicant : JEOL LTD

(22)Date of filing : 23.04.1998

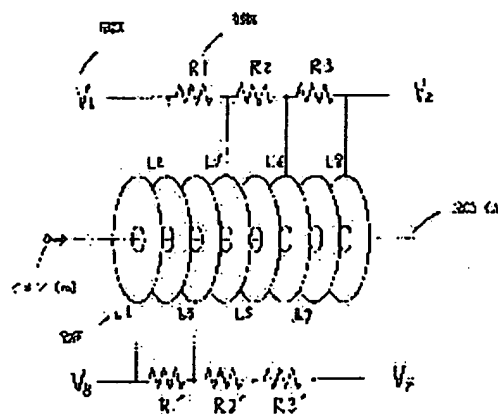
(72)Inventor : IWANAGA MITSUYASU

## (54) ION GUIDE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an ion guide where efficiency of ion transmission does not decrease even when it is used in a vacuum, and to provide an ion guide by taking advantage of even the phenomenon that ions lose kinetic energy.

SOLUTION: This ion guide is composed of plural electrode plates L1-L8 arranged orthogonal to an optical axis, and having holes for passing ions through at portions directly crossing to the optical axis, further repeating regular increase/decrease of impressed voltage between the odd electrode plates and the even electrode plates. Potential difference between the adjacent electrode plates is gradually decreased from the side of an ion entrance toward the side of an ion exit. With respect to the average potential between the adjacent electrode plates, potentials are impressed on the plural electrodes L1-L8 so as to form potential gradient as a whole on the optical axis between the ion entrance and the ion exit.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the ion guide used with a mass spectrometer.

[0002]

[Description of the Prior Art] There is what is generally called ion guide as a means to convey the ion in a vacuum. There are some modalities of them and there is what is called stacked ring lens which the many sheets [ several ] disk which made the round hole in a core which is illustrated to one of them in drawing 1 was made to follow in them. A polarity is reverse to the electrode disk which gets mixed up, the absolute value impresses the equal voltage to it by turns, and this conveys the ion to the shaft orientations of a stacked ring lens, vibrating ion near [ which the round hole opened ] a center.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] by the way, the collision with the molecule which will float in the ambient atmosphere if a degree of vacuum falls, although an ion guide has come to be used also under a low vacuum in recent years, and the ion under flight -- frequent -- happening -- the result -- ion -- kinetic energy -- gradually -- losing -- just -- being alike -- it continued, and flying became impossible and there was a phenomenon of deviating from an ion guide Drawing 3 shows this mode by the simulation. As an ion guide, this phenomenon led to the fall of the luminous efficacy of an ion transport, and was a big problem so that clearly from drawing 3 .

[0004] Even if the purpose of this invention uses an ion guide under a low vacuum in view of the point mentioned above, it is to offer the ion guide to which the degradation of an ion transport does not happen. Moreover, ion is to find out a meaning positive also to the phenomenon of losing kinetic energy, and offer the ion guide using it.

[0005]

[Means for Solving the Problem] In order to attain this purpose, to this invention such an ion guide according to claim 1 Are arranged so that it may intersect perpendicularly with an optical axis, and it has a hole for making the fraction which crosses an optical axis and directly pass ion. Between the odd and even-numbered electrode plates, it is characterized by turning the potential difference between adjoining electrode plates to the outgoing-radiation opening side of ion from the incidence opening side of ion, and making it decrease gradually in the ion guide which consists of two or more electrode plates which repeat regular increase and decrement of impression potential.

[0006] To this invention, moreover, such an ion guide according to claim 2 Are arranged so that it may intersect perpendicularly with an optical axis, and it has a hole for making the fraction which crosses an optical axis and directly pass ion. In the ion guide which consists of two or more electrode plates which repeat regular increase and decrement of impression potential between the odd and even-numbered electrode plates When the mean potential between adjoining electrode plates is taken, it is characterized by impressing potential at two or more aforementioned electrode plates so that an electric potential gradient may be collectively produced on the optical axis between the incidence opening of ion, and the outgoing-radiation opening of ion.

[0007] To this invention, moreover, such an ion guide according to claim 3 Are arranged so that it may intersect perpendicularly with an optical axis, and it has a hole for making the fraction which

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

crosses an optical axis and directly pass ion. In the ion guide which consists of two or more electrode plates which repeat regular increase and decrement of impression potential between the odd and even-numbered electrode plates While potential is impressed to two or more aforementioned electrode plates so that an electric potential gradient may be collectively produced on the optical axis between the incidence opening of ion, and the outgoing-radiation opening of ion when the mean potential between adjoining electrode plates is taken It is characterized by turning to the outgoing-radiation opening side of ion the potential difference between the aforementioned electrode plates which carry out contiguity from the incidence opening side of ion, and making it decrease gradually. [0008] Moreover, it is arranged so that this invention and such an ion guide according to claim 4 may cross at right angles at an optical axis, and it has a hole for making the fraction which crosses an optical axis and directly pass ion, and is characterized by changing the aforementioned electric potential gradient with time between the odd and even-numbered electrode plates in the ion guide which consists of two or more electrode plates which repeat regular increase and decrement of impression potential.

[0009]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained with reference to a drawing. Drawing 2 is one example of such an ion guide at this invention. In drawing 2, since it is shown briefly, the number of sheets of the disk which constitutes an electrode is lessened, and it has drawn.

[0010] as for the disk which made the round hole which lets ion pass, the center of a round hole becomes equal to an optical axis as an electrode plate (L1-L8) -- like, by regular intervals, it is put in a row in parallel, and several many sheets are arranged Although each electrode plate is not illustrated, by the insulating material, it is held and it is positioned. Moreover, a wiring is performed to these electrode plates through split resistance from power at each. the power (V1-V2) shown in drawing 2 to resistance (R1-R3) -- minding -- an electrode (L2, L4, L6, L8) -- moreover, a voltage can be impressed now to an electrode (L1, L3, L5, L7) through resistance (R1'-R3') from power (V3-V4), respectively

[0011] Power potential and the value of resistance are set up so that three conditions shown below may be suited. Moreover, those values can be changed arbitrarily, and they are adjusted so that the transit luminous efficacy of ion may become the optimum.

[-- the -- one -- conditions --] -- R -- one -- R -- two -- R -- three -- R -- one -- ' -- R -- two -- ' -- R -- three -- ' -- It is almost equal altogether.

| V -- one -- | -- = -- | - V -- three -- | -- | -- V -- two -- | -- = -- | - V -- four -- | -- V -- one -- > -- V -- two -- [-- the -- two -- conditions --] -- R -- one -- R -- two -- R -- three -- R -- one -- ' -- R -- two -- ' -- R -- three -- ' -- It is almost equal altogether.  $V_s > V_1$ , and  $V_2$ ,  $V_3$  and  $V_4$ , It is almost equal respectively.  $V_e$

$V_1' = V_1 + V_s$ ,  $V_3' = V_3 + V_s$ ,  $V_2' = V_2 + V_e$ ,  $V_4' = V_4 + V_e$ , however here  $V_s$  (V start) and  $V_e$  (V end) power -- potential -- V -- one -- V -- two -- V -- three -- and -- V -- four -- adding -- having -- potential -- moreover -- V -- one -- ' -- V -- three -- ' -- potential -- an addition -- after -- ion -- a guide -- a start -- a position -- an electrode -- setting up -- having -- potential -- moreover -- V -- two -- ' -- V -- four -- ' -- potential -- an addition -- after -- ion -- a guide -- and -- a position

[-- the -- three -- conditions --] -- R -- one -- R -- two -- R -- three -- R -- one -- ' -- R -- two -- ' -- R -- three -- ' -- It is almost equal altogether.

|  $V_1$  | = |  $V_3$  |, |  $V_2$  | = |  $V_4$  |  $V_1 > V_2$ , and  $V_s > V_e$   $V_1' = V_1 + V_s$  and  $V_3' = V_3 + V_s$   $V_2' = V_2 + V_e$  and  $V_4' = V_4 + V_e$  -- this is the conditions by which the first conditions and second condition were compounded

[0012] If a voltage is impressed to each electrode in relation with above-mentioned, on optical-axis A, the electric field which the saddle field-like the wall and trough of potential followed by turns will be formed as everyone knows. In the case of the first condition, the electric field which had the characteristic feature in which the height of the wall of potential and the depth of a trough become small gradually to the outgoing-radiation side from the incidence side of ion are formed. Moreover, in the case of the second condition, the electric field in which it had the characteristic feature to which the value becomes low gradually as the incidence side of ion had high potential and went to the outgoing-radiation side from the outgoing-radiation side are formed. Moreover, in the case of the

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

third condition, when the first conditions and second condition are put together, it corresponds, and from an incidence side, while potential becomes low gradually to an outgoing-radiation side, the electric field to which the size of a wall and a trough also becomes small gradually are formed.

[0013] As potential in the point that each electrode plate surface and an optical axis cross, the mode of the electric field generated under each [ these ] condition is graph-ized, and is shown in drawing 5 . (a) of drawing 5 , (b), and (c) correspond to the potential distribution in the ion guide under the first condition, the second condition, and the third condition, respectively. These increase the number of sheets of an electrode plate, and it is asked for them by calculation.

[0014] If potential is set up so that the potential difference between adjoining electrode plates may be turned to an outgoing-radiation opening side from the incidence opening side of an ion guide as shown in drawing 5 (a), and it may be made to decrease gradually, since excessive amplitude movement will not be given to the ion to which the speed fell by the collision with a suspension molecule, an ion beam is completed on an optical axis and the effect which prevents deviation of the ion from an ion guide can be expected.

[0015] Even if it collides with the gas molecule which floats while being a flight when the electric field which inclined towards the outgoing-radiation opening of ion from the incidence opening of ion are formed, as shown in drawing 5 (b) and the kinetic energy of ion falls, in moreover, the type where a part for the loss is compensated Since ion is accelerated in an operation of the inclined electric field, it will continue from an incidence point in time, and ion will continue flying to the outgoing-radiation opening side of an ion guide. The mode of a flight of this ion is shown in drawing 4 by the simulation. Moreover, the mode of a flight of the ion under the conventional voltage impression condition shown in drawing 1 is shown in drawing 3 in a simulation. In these simulations, Ar ion is under the nitrogen ambient atmosphere of  $2 \times 10^{-3}$  Torr, and it is asking for the flight tracing at the time of carrying out incidence on initial energy 20eV and conditions with an incident angle of  $2^\circ$ . Even if ion collides with a gas molecule temporarily and kinetic energy decreases, it turns out that a flight can be continued favorably in the case of this example which has an electric potential gradient in an ion guide, so that clearly from a simulation.

[0016] Moreover, as shown in drawing 5 (c), when the potential equipped with the characteristic feature of both drawing 5 (a) and the drawing 5 (b) is given, the effect of making the ion to which the speed fell on the optical axis with the effect as which an ion beam is completed accelerating can also be expected.

[0017] As mentioned above, although explained supposing the case where the ion guided is a cation, if this electric potential gradient carries out a setup which was made to reverse positive/negative and was doubled with the anion, the same result as the case of a cation will be obtained also to an anion. Moreover, since the influence of mass will be produced also in the ion guide of the type which originally does not have a mass dependency if the collision with a gas molecule is involved, when the ion which it is going to guide consists of two or more sorts of ion from which the mass number is different, in order to rectify this, you may carry out the sweep of the electrode potential continuously, or may be made to control electrode potential by type which doubles with the mass of the ion which it is going to guide and is jumped to a discontinuous value These are modifications to which the grade of the electric field formed is changed with time.

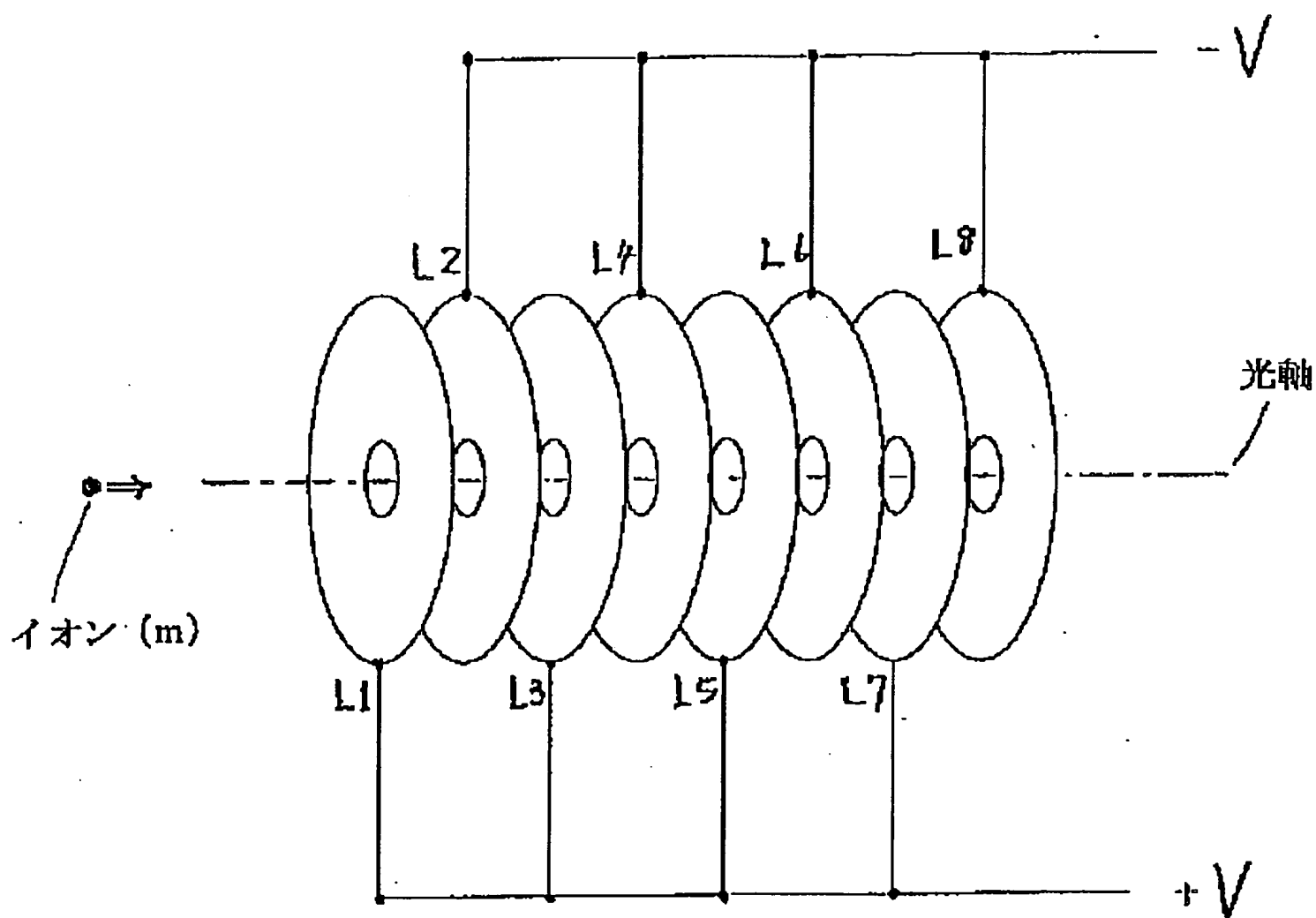
[0018] Moreover, if the floating gas molecule and ion collide, although the kinetic energy which ion has will fall, it is also possible to consider the intended use of the ion guide as the so-called "ion cooling" which used this operation positively. In this case, the making the inclination of "ion cooling" promote further purpose, the electric potential gradient on the optical axis of an ion guide may be set as the reverse sense so that it may be in the "uphill" status instead of "going down", and you may decelerate ion positively.

[0019]

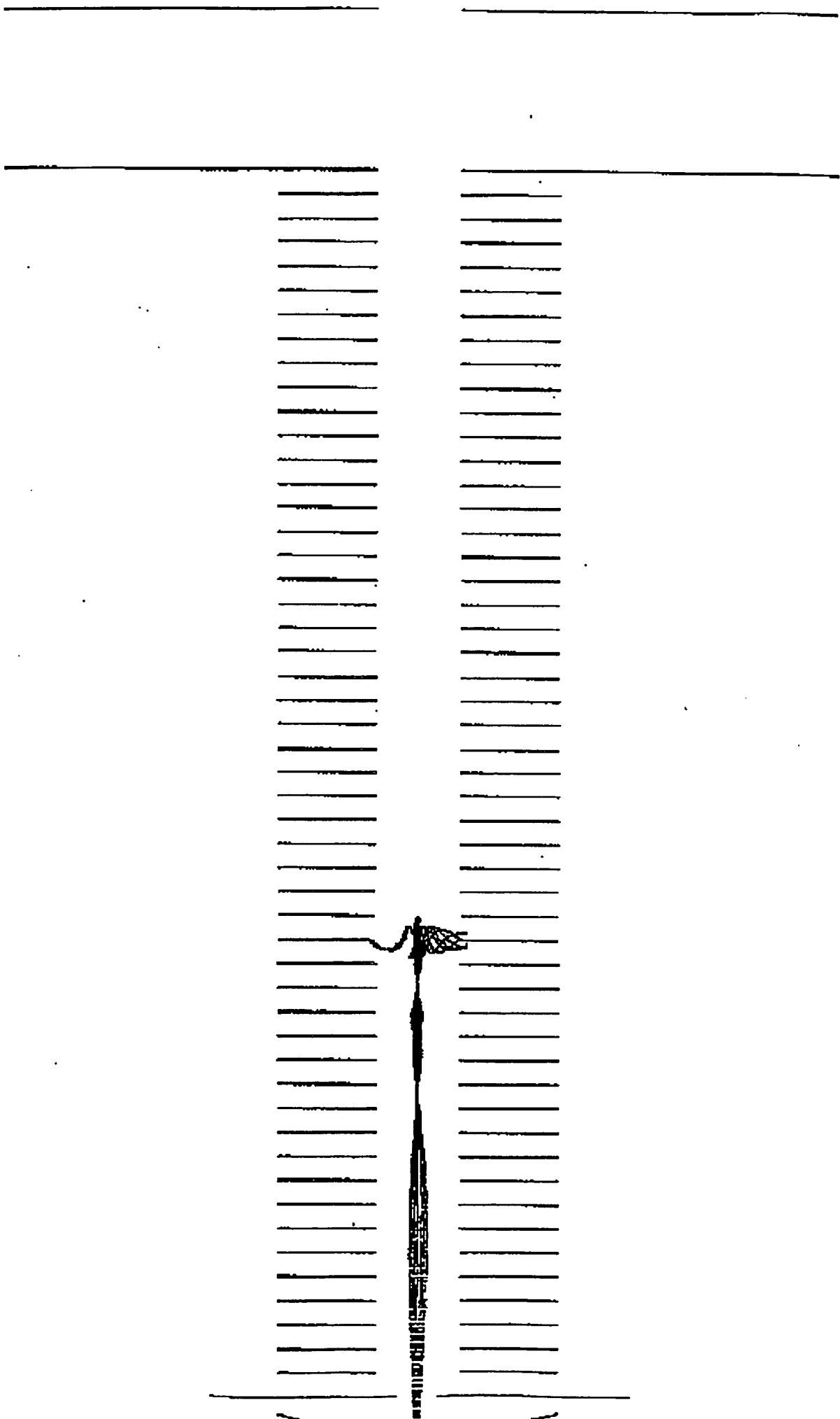
[Effect of the Invention] When a degree of vacuum is low since acceleration and slowdown of ion can be made to perform arbitrarily, if the ion guide of this invention is used as stated above, and the impingement rate of the ion which can give kinetic energy, can be made to accelerate ion when ion loses kinetic energy by the collision with the floating gas molecule, and carries out incidence conversely is too quick, the electric field of a reverse draft can be given and an ionic velocity can be decelerated.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

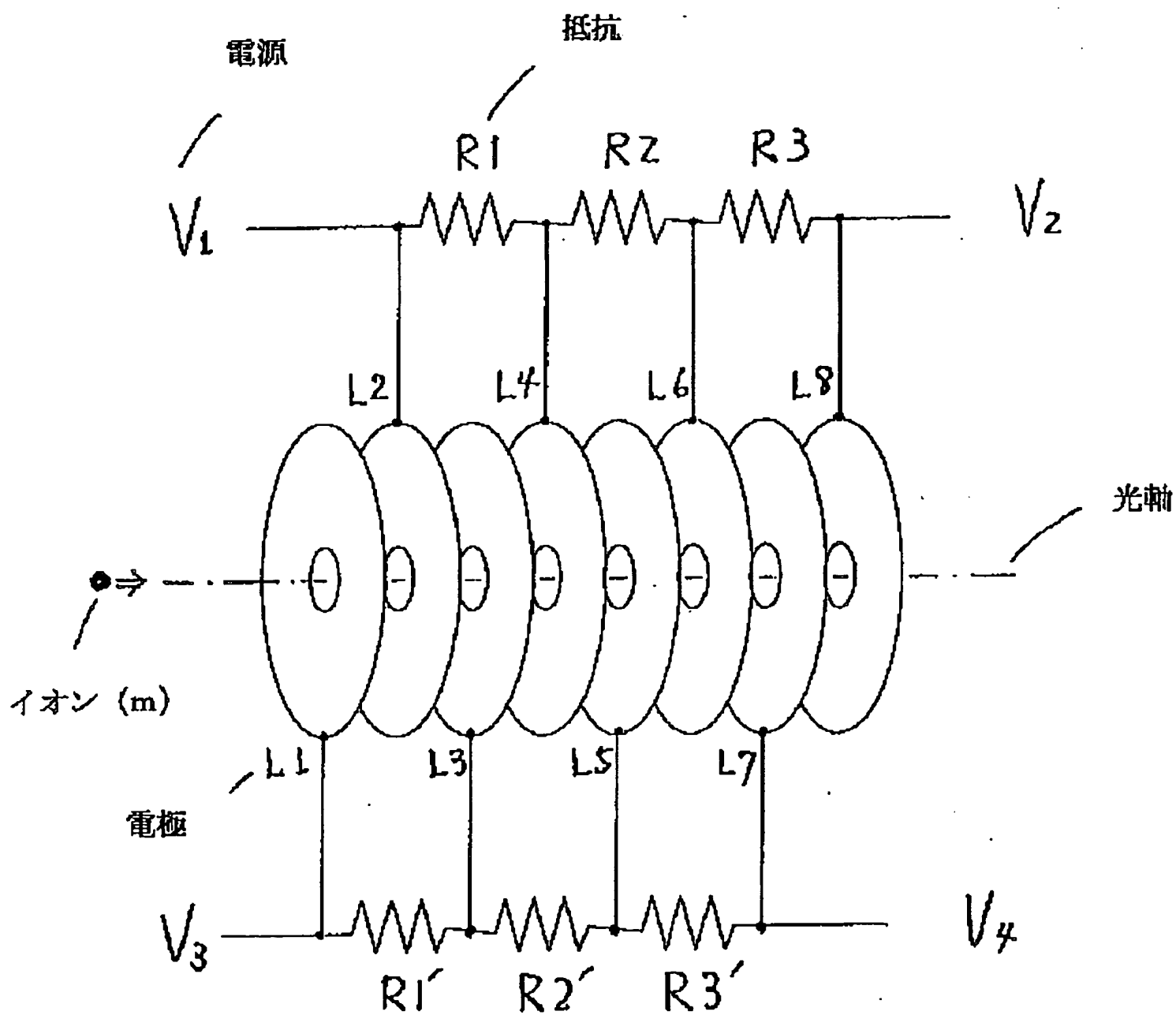




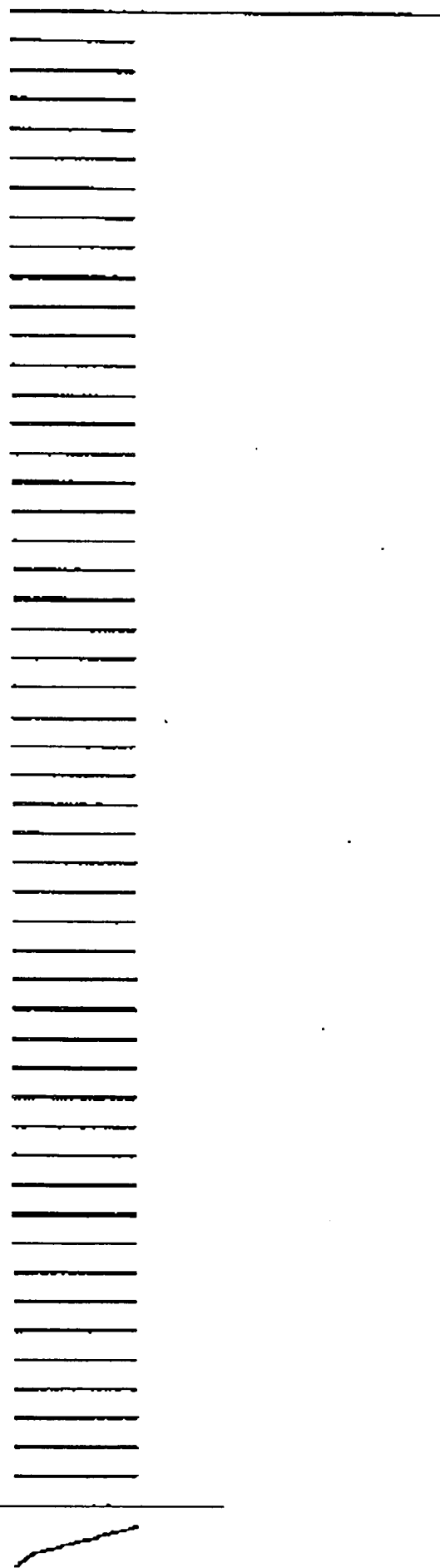
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



12899

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-307040

(43) 公開日 平成11年(1999)11月5日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>

H 0 1 J 49/06  
37/04

識別記号

F I

H 0 1 J 49/06  
37/04

Z

審査請求 未請求 請求項の致4 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-129601

(22) 出願日 平成10年(1998)4月23日

(71) 出願人 000004271

日本電子株式会社

東京都昭島市武蔵野3丁目1番2号

(72) 発明者 岩永光恭

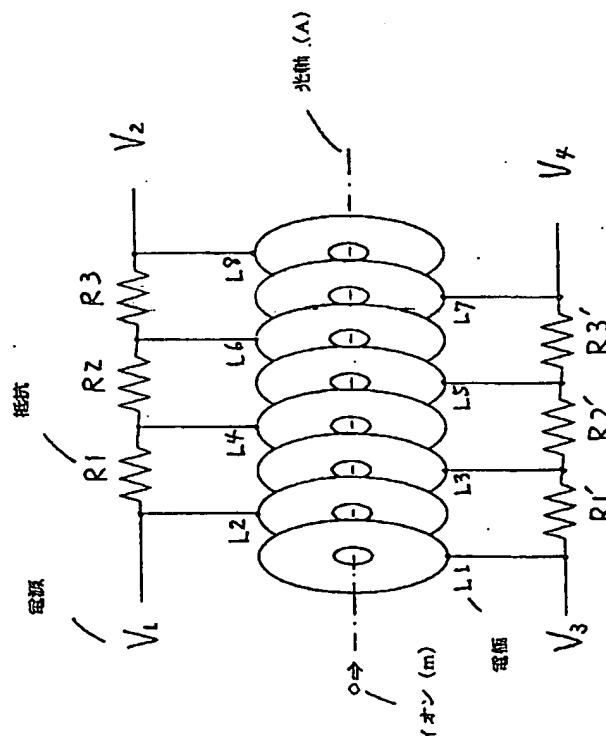
東京都昭島市武蔵野3丁目1番2号 日本  
電子株式会社内

(54) 【発明の名称】 イオンガイド

(57) 【要約】

【課題】イオンガイドを低真空下で使用しても、イオン輸送の効率低下の起こらないイオンガイドを提供する。また、イオンが運動エネルギーを失う現象にも積極的な意義を見出して、それを利用したイオンガイドを提供する。

【解決手段】光軸に直交するように配置され、光軸と直接交わる部分にはイオンを通過させるための穴を有し、奇数番目と偶数番目の電極板間では印加電位の規則的な増加・減少を繰り返すような複数の電極板から成るイオンガイドにおいて、隣接する電極板間の電位差を、イオンの入射口側からイオンの出射口側に向けて、徐々に減少させるようにした。また、隣接する電極板間の平均電位をとった場合に、イオンの入射口とイオンの出射口の間の光軸上に、全体として電位勾配を生じるように、前記複数の電極板に電位を印加するようにした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】光軸に直交するように配置され、光軸と直接交わる部分にはイオンを通過させるための穴を有し、奇数番目と偶数番目の電極板間では印加電位の規則的な増加・減少を繰り返すような複数の電極板から成るイオンガイドにおいて、隣接する電極板間の電位差を、イオンの入射口側からイオンの出射口側に向けて、徐々に減少させることを特徴とするイオンガイド。

【請求項2】光軸に直交するように配置され、光軸と直接交わる部分にはイオンを通過させるための穴を有し、奇数番目と偶数番目の電極板間では印加電位の規則的な増加・減少を繰り返すような複数の電極板から成るイオンガイドにおいて、隣接する電極板間の平均電位をとった場合に、イオンの入射口とイオンの出射口の間の光軸上に、全体として電位勾配を生じるように、前記複数の電極板に電位を印加することを特徴とするイオンガイド。

【請求項3】光軸に直交するように配置され、光軸と直接交わる部分にはイオンを通過させるための穴を有し、奇数番目と偶数番目の電極板間では印加電位の規則的な増加・減少を繰り返すような複数の電極板から成るイオンガイドにおいて、隣接する電極板間の平均電位をとった場合に、イオンの入射口とイオンの出射口の間の光軸上に、全体として電位勾配を生じるように、前記複数の電極板に電位を印加すると共に、前記隣接する電極板間の電位差を、イオンの入射口側からイオンの出射口側に向けて、徐々に減少させることを特徴とするイオンガイド。

【請求項4】光軸に直交するように配置され、光軸と直接交わる部分にはイオンを通過させるための穴を有し、奇数番目と偶数番目の電極板間では印加電位の規則的な増加・減少を繰り返すような複数の電極板から成るイオンガイドにおいて、前記電位勾配を時間と共に変化させることを特徴とする請求項2及び3記載のイオンガイド。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、質量分析計で用いられるイオンガイドに関する。

## 【0002】

【従来の技術】真空中のイオンを輸送する手段としては、一般にイオンガイドと呼ばれているものがある。それには、幾つかの種類があり、その1つに、図1に例示するような、中心部に丸穴を開けた円板を多数枚連続させたスタックドリングレンズと呼ばれるものがある。これは、前後する電極円板に、極性が逆で絶対値が等しい電圧を交互に印加しておき、丸穴の開いた中心付近でイオンを振動させながら、そのイオンをスタックドリングレンズの軸方向に輸送するものである。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、近年、イオンガイドは、低真空下でも使用されるようになってきたが、真空度が低下すると、雰囲気中に浮遊する分子と飛行中のイオンとの衝突が頻繁に起こり、その結果、イオンは運動エネルギーを次第に失い、ついには継続して飛行できなくなり、イオンガイドから逸脱してしまうという現象があった。図3は、この様子をシミュレーションによって示したものである。図3から明らかなように、この現象は、イオンガイドとしては、イオン輸送の効率の低下につながり、大きな問題であった。

【0004】本発明の目的は、上述した点に鑑み、イオンガイドを低真空下で使用しても、イオン輸送の効率低下の起こらないイオンガイドを提供することにある。また、イオンが運動エネルギーを失う現象にも積極的な意義を見出して、それを利用したイオンガイドを提供することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するため、本発明にかかる請求項1記載のイオンガイドは、光軸に直交するように配置され、光軸と直接交わる部分にはイオンを通過させるための穴を有し、奇数番目と偶数番目の電極板間では印加電位の規則的な増加・減少を繰り返すような複数の電極板から成るイオンガイドにおいて、隣接する電極板間の電位差を、イオンの入射口側からイオンの出射口側に向けて、徐々に減少させることを特徴としている。

【0006】また、本発明にかかる請求項2記載のイオンガイドは、光軸に直交するように配置され、光軸と直接交わる部分にはイオンを通過させるための穴を有し、奇数番目と偶数番目の電極板間では印加電位の規則的な増加・減少を繰り返すような複数の電極板から成るイオンガイドにおいて、隣接する電極板間の平均電位をとった場合に、イオンの入射口とイオンの出射口の間の光軸上に、全体として電位勾配を生じるように、前記複数の電極板に電位を印加することを特徴としている。

【0007】また、本発明にかかる請求項3記載のイオンガイドは、光軸に直交するように配置され、光軸と直接交わる部分にはイオンを通過させるための穴を有し、奇数番目と偶数番目の電極板間では印加電位の規則的な増加・減少を繰り返すような複数の電極板から成るイオンガイドにおいて、隣接する電極板間の平均電位をとった場合に、イオンの入射口とイオンの出射口の間の光軸上に、全体として電位勾配を生じるように、前記複数の電極板に電位を印加すると共に、前記隣接する電極板間の電位差を、イオンの入射口側からイオンの出射口側に向けて、徐々に減少させることを特徴としている。

【0008】また、本発明にかかる請求項4記載のイオンガイドは、光軸に直交するように配置され、光軸と直接交わる部分にはイオンを通過させるための穴を有し、奇数番目と偶数番目の電極板間では印加電位の規則的な

増加・減少を繰り返すような複数の電極板から成るイオンガイドにおいて、前記電位勾配を時間と共に変化させることを特徴としている。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。図2は、本発明にかかるイオンガイドの一実施例である。図2では、簡単に示すため、電極を構成する円板の枚数を少なくして描いてある。

【0010】イオンを通す丸穴を開けた円板は、電極板 ( $L_1 \sim L_8$ ) として、丸穴の中心が光軸と等しくなるように、等間隔で平行に連ねて多数枚配置されている。各電極板は、図示されていないが絶縁材で保持され、位置決めされている。また、これらの電極板には、電源から分割抵抗を介して、それぞれに配線が施され、図2に示されている電源 ( $V_1 \sim V_2$ ) から抵抗 ( $R_1 \sim R_3$ ) を介して電極 ( $L_2, L_4, L_6, L_8$ ) に、また、電源 ( $V_3 \sim V_4$ ) から抵抗 ( $R_1' \sim R_3'$ ) を介して電極 ( $L_1, L_3, L_5, L_7$ ) に、それぞれ電圧が印加できるようになっている。

【0011】電源電位と抵抗の値は、以下に示す3つの条件にかなうように設定される。また、それらの値は任意に変更でき、イオンの通過効率が最適となるように調整される。

【第一の条件】  $R_1, R_2, R_3, R_1', R_2', R_3'$

は、全てほぼ等しい。

$$|V_1| = |-V_3|, |V_2| = |-V_4|, V_1 > V_2$$

【第二の条件】  $R_1, R_2, R_3, R_1', R_2', R_3'$

は、全てほぼ等しい。  $V_s > V_e$   $V_1$  と  $V_2, V_3$  と  $V_4$  は、それぞれほぼ等しい。

$$V_{1'} = V_1 + V_s, V_{3'} = V_3 + V_s$$

$$V_{2'} = V_2 + V_e, V_{4'} = V_4 + V_e$$

ただし、ここで  $V_s$  (Vスタート) と  $V_e$  (Vエンド)

は、電源電位

$V_1, V_2, V_3$ 、及び  $V_4$  に加算される電位、また、 $V_{1'}$  と  $V_{3'}$  は、電位加算後、イオンガイドのスタート位置の電極に設定される電位、また、 $V_{2'}$  と  $V_{4'}$  は、電位加算後、イオンガイドのエンド位置の電極に設定される電位である。

【第三の条件】  $R_1, R_2, R_3, R_1', R_2', R_3'$

は、全てほぼ等しい。

$$|V_1| = |-V_3|, |V_2| = |-V_4|$$

$$V_1 > V_2, V_s > V_e$$

$$V_{1'} = V_1 + V_s, V_{3'} = V_3 + V_s$$

$$V_{2'} = V_2 + V_e, V_{4'} = V_4 + V_e$$

これは、第一の条件と第二の条件が合成された条件である。

【0012】各電極に上記の関係で電圧が印加されると、光軸A上には、周知のように、サドルフィールド状の電位の壁と谷が交互に連続した電場が形成される。第一の条件の場合は、イオンの入射側から出射側へと、電

位の壁の高さと谷の深さとが、次第に小さくなっていくような特徴を持った電場が形成される。また、第二の条件の場合は、イオンの入射側が出射側より電位が高く、出射側へ行くに従って、次第にその値が低くなるような特徴を持った電場が形成される。また、第三の条件の場合は、第一の条件と第二の条件が組み合わされた場合に相当し、入射側から出射側へと次第に電位が低くなると共に、壁と谷の大きさも次第に小さくなるような電場が形成される。

【0013】これら各条件下で発生する電場の様子を、各電極板面と光軸とが交わる点での電位としてグラフ化して図5に示す。図5の(a)、(b)、及び(c)は、第一の条件下、第二の条件下、及び第三の条件下におけるイオンガイド内の電位分布にそれぞれ対応している。これらは、電極板の枚数を増やして、計算で求められたものである。

【0014】図5(a)のように、隣接する電極板間の電位差をイオンガイドの入射口側から出射口側へ向けて徐々に減少させるように電位を設定すると、浮遊分子との衝突によって速度の低下したイオンに余計な振幅運動を与えることがないので、光軸上にイオンビームを収束させ、イオンガイドからのイオンの逸脱を防ぐ効果を期待できる。

【0015】また、図5(b)のように、イオンの入射口からイオンの出射口へ向けて傾斜した電場が形成されていると、飛行の途中で浮遊する気体分子と衝突してイオンの運動エネルギーが低下しても、その損失分を補う形で、傾斜した電場の作用でイオンが加速されるため、入射時点から継続して、イオンはイオンガイドの出射口側へと飛行し続けることになる。このイオンの飛行の様子をシミュレーションによって図4に示す。また、図3には、図1に示した従来の電圧印加条件下でのイオンの飛行の様子をシミュレーションで示す。これらのシミュレーションでは、Arイオンが  $2 \times 10^{-3}$  Torr の窒素雰囲気下にあつて、初期エネルギー20eV、入射角  $\pm 2^\circ$  の条件で入射した場合の飛行軌跡を求めている。シミュレーションから明らかのように、イオンガイド内に電位勾配を持つ本実施例の場合は、仮にイオンが気体分子と衝突して運動エネルギーが減少しても、順調に飛行を続けられることが判る。

【0016】また、図5(c)のように、図5(a)と図5(b)の両方の特徴を備えた電位が与えられている場合には、光軸上にイオンビームを収束させる効果と共に、速度の低下したイオンを加速させる効果をも期待できることになる。

【0017】以上、ガイドされるイオンが正イオンである場合を想定して説明を行なったが、この電位勾配は、正負を逆転させて負イオンに合わせた設定をすれば、負イオンに対しても、正イオンの場合と同様な結果が得られる。また、ガイドしようとするイオンが質量数の異なる

5

る複数種のイオンから成る場合、気体分子との衝突が絡むと、本来質量依存性がないタイプのイオンガイドでも質量の影響を生じるので、これを補正するために、ガイドしようとするイオンの質量に合わせて電極電位を連続的に掃引したり、あるいはとびとびの値にジャンプする形で電極電位を制御するようにしてもよい。これらは、形成される電場の傾斜度を時間と共に変化させる変形例である。

【0018】また、浮遊する気体分子とイオンが衝突すると、イオンが持つ運動エネルギーが低下するが、この作用を積極的に利用したいいわゆる「イオン冷却」としてのイオンガイドの用途を考えることも可能である。その場合、「イオン冷却」の傾向を更に助長させる目的で、イオンガイドの光軸上の電位勾配を「下り」ではなく「上り」の状態になるように逆向きに設定して、積極的にイオンの減速を行なわせてもよい。

【0019】

【発明の効果】以上述べたごとく、本発明のイオンガイドを用いれば、イオンの加速及び減速を任意に行なわせ

6

ることができるので、真空度が低く、浮遊する気体分子との衝突によってイオンが運動エネルギーを失う場合には、運動エネルギーを与えてイオンを加速させることができ、逆に入射するイオンの入射速度が速すぎる場合には、逆勾配の電場を与えてイオン速度を減速させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 従来のイオンガイドを示す図である。

【図2】 本発明のイオンガイドを示す図である。

【図3】 従来のイオンガイドにおけるイオンの飛行軌跡を示す図である。

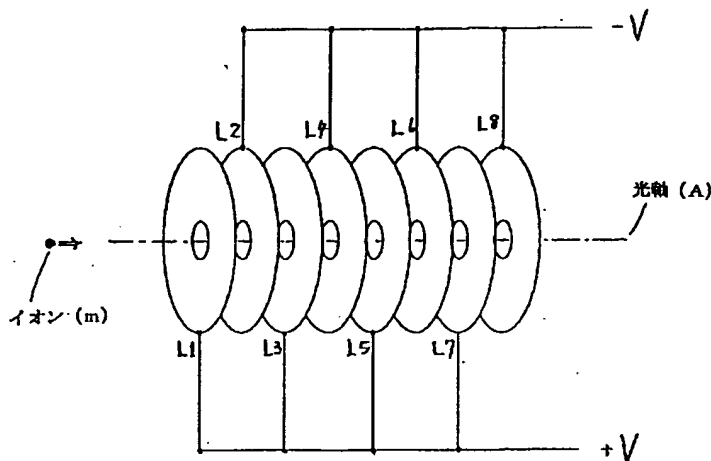
【図4】 本発明のイオンガイドにおけるイオンの飛行軌跡を示す図である。

【図5】 本発明のイオンガイドの電位分布を示す図である。

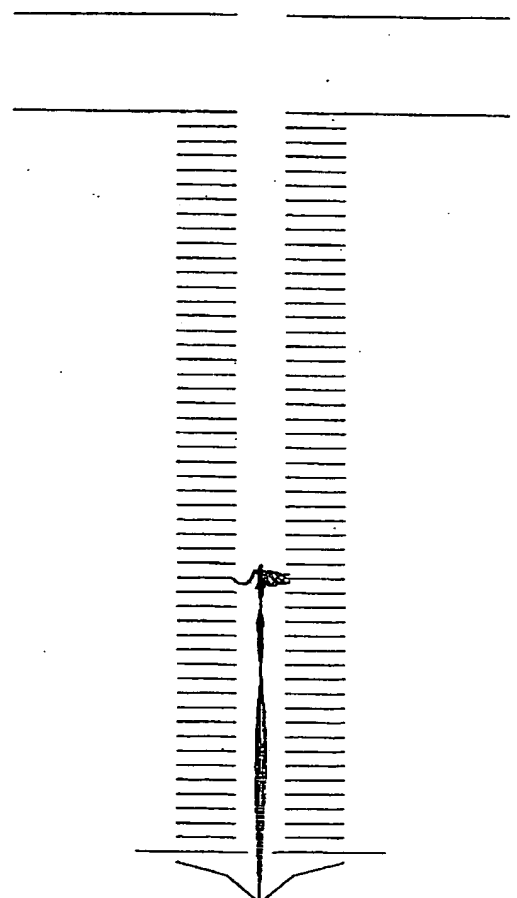
【符号の説明】

$L_1 \sim L_8$ ...電極板、 $R_1 \sim R_3$ ...抵抗、 $R_1' \sim R_3'$ ...抵抗。

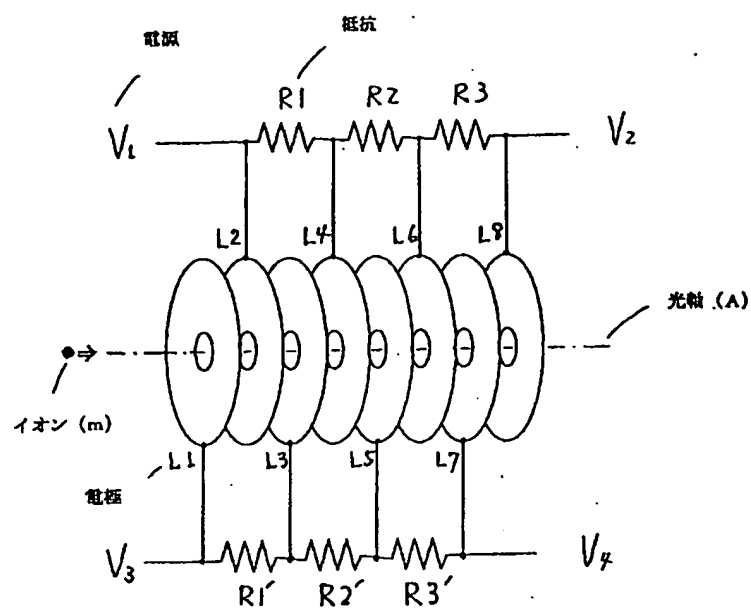
【図1】



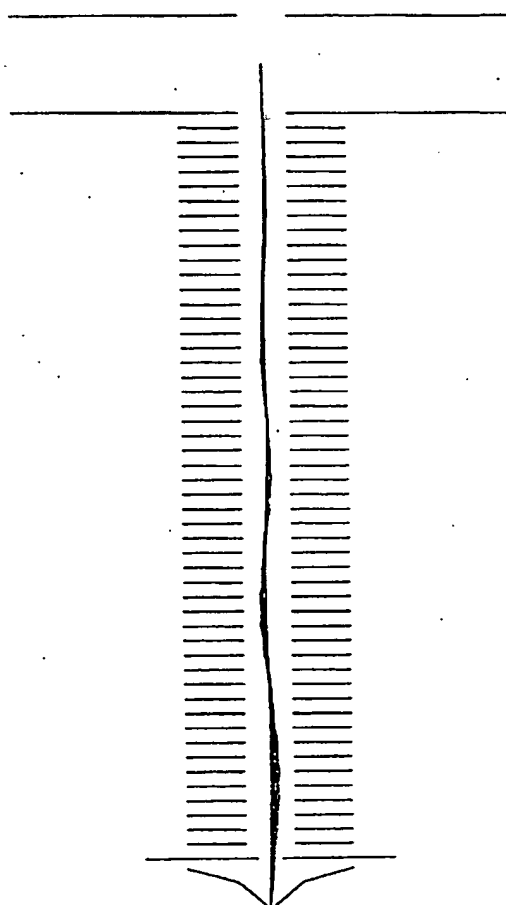
【図3】



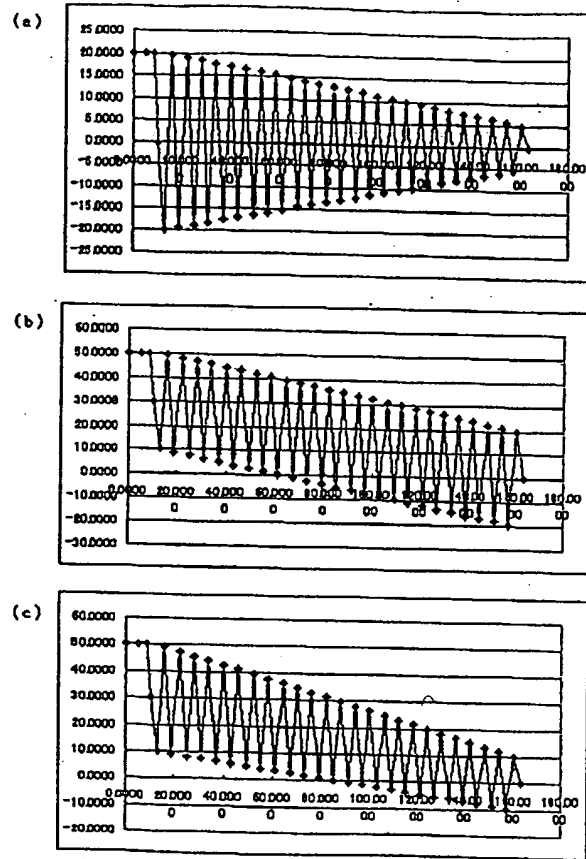
【図2】



【図4】



【図5】



縦軸：光軸と個々の電極面の交点の電位

横軸：光軸上の電極位置